

CLIPPEDIMAGE= JP404132628A

PAT-NO: JP404132628A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04132628 A

TITLE: CANAL TEMPERATURE CONTROL METHOD OF GLASS OVEN AND DEVICE

PUBN-DATE: May 6, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OKAFUJI, MASA HARU

NOGUCHI, JUNICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIPPON SHEET GLASS CO LTD

N/A

APPL-NO: JP02256682

APPL-DATE: September 26, 1990

INT-CL_(IPC): C03B018/18; G05B013/02 ; G05D023/00 ; G05D023/19

ABSTRACT:

PURPOSE: To enable temperature control of perfect automation system by obtaining increased or decreased value of air amount of cooling air fed to vicinity of outlet of a melting oven from prescribed input parameter by fuzzy inference when temperature of a canal for allowing a glass raw material to flow from the melting oven into float bath is controlled.

CONSTITUTION: The temperature of a canal in which a glass raw material is allowed to flow from a melting oven into a float bath is detected with a canal temperature detector 44. Then the detected value is fed to CPU 60 and canal temperature changing ratio, changing ratio of canal temperature, passing time after changing operating amount, etc., are calculated and input to a fuzzy operator 58. Then in the fuzzy operator 58, increased and decreased value of air amount of cooling air fed to vicinity of outlet of melting oven is obtained by fuzzy inference and the result is fed to CPU 60. Then air amount control meters 47 and 48 are controlled by CPU 60 based on the fuzzy theory and air amount of cooling air from a fan 30 is controlled to control the temperature of canal.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

⑫ 公開特許公報(A) 平4-132628

⑤ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 平成4年(1992)5月6日

C 03 B 18/18
G 05 B 13/02
G 05 D 23/00
23/19

N 7821-4 G
F 7740-3 H
J 8112-3 H
8112-3 H

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全 10 頁)

⑭ 発明の名称 ガラス窯キャナル温度制御方法および装置

⑰ 特 願 平2-256682

⑱ 出 願 平2(1990)9月26日

⑲ 発 明 者 岡 藤 雅 晴 千葉県市原市椎津1007

⑲ 発 明 者 野 口 順 一 千葉県市原市青葉台1-7 日本板硝子社宅C-111

⑳ 出 願 人 日本板硝子株式会社 大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号

㉑ 代 理 人 弁理士 岩 佐 義 幸

明 細 書

1. 発明の名称

ガラス窯キャナル温度制御方法および装置

2. 特許請求の範囲

(1) 溶解窯からガラス素地をフロートバスに流入させるキャナルの温度の制御を、溶解窯の出口付近に冷却空気を送り込み冷却することにより行うガラス窯キャナル温度制御方法において、

冷却空気の風量の増減値を、所定の入力変数からファジィ推論により求めることを特徴とするガラス窯キャナル温度制御方法。

(2) 前記入力変数が、キャナル温度現在値の目標値に対する偏差と、キャナル温度の変化を表すキャナル温度変化率と、操作量変更後の経過時間とであることを特徴とする請求項1記載のガラス窯キャナル温度制御方法。

(3) 前記入力変数には、溶解窯からフロートバスへのガラス引上量の変化を表すガラス引上量変化率をさらに含むことを特徴とする請求項2記載のガラス窯キャナル温度制御方法。

(4) ファジィ推論を行うファジィ演算器を複数用意し、これらファジィ演算器におけるルールおよびまたはメンバーシップ関数を異ならせて、プロセスの状態に応じてファジィ演算器の出力を選択することを特徴とする請求項1～3いずれかに記載のガラス窯キャナル温度制御方法。

(5) 溶解窯からガラス素地をフロートバスに流入させるキャナルの温度の制御を、溶解窯の出口付近に冷却空気を送り込み冷却することにより行うガラス窯キャナル温度制御装置において、

冷却空気の風量の増減値を、所定の入力変数からファジィ推論により求めるファジィ推論手段を有することを特徴とするガラス窯キャナル温度制御装置。

(6) 前記ファジィ推論手段は、前記入力変数が、キャナル温度現在値の目標値に対する偏差と、キャナル温度の変化を表すキャナル温度変化率と、操作量変更後の経過時間とである1つのファジィ演算器を有することを特徴とする請求項5記載のガラス窯キャナル温度制御装置。

(7) 前記入力変数には、溶解窯からフロートバスへのガラス引上量の変化を表すガラス引上量変化率をさらに含むことを特徴とする請求項6記載のガラス窯チャンネル温度制御装置。

(8) 前記ファジィ推論は、複数のファジィ演算器から成り、これらファジィ演算器には、異なるルールおよびまたはメンバーシップ関数が予め設定されており、プロセスの状態に応じてファジィ演算器の出力を選択することを特徴とする請求項5~7のいずれかに記載のガラス窯チャンネル温度制御装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、ガラス窯のチャンネル温度を制御する方法および装置、特にマルチファジィ制御を利用したガラス窯チャンネル温度制御方法および装置に関するものである。

(従来の技術)

建築窓ガラスあるいは自動窓ガラス用透明板ガラスは、現在殆どフロート製法により生産されて

いる。フロートガラス製造工程は、第2図に示すように、原料を溶解し均一なガラス素地にする溶解窯10、ガラスを板状に形成するフロートバス12、形成された板ガラスを徐冷する徐冷窯14、切断しバックニングする切断部16で構成される。

フロート製法は、例えば錫のような熔融金属13の上に解けたガラス素地11を浮かし、均一な厚みの板ガラスを製造する方法であり、1952年英国のアラスティア・ビルキントンにより発明された。

フロート製法により生産されるフロート板ガラスは、例えば珪砂72%、ソーダ14%を主成分としたソーダライムガラスである。溶解窯10で溶解されたガラス素地を流量制御しながら錫バス12上に流し込むと、ガラス素地は溶けた錫面上を広がっていき、ガラス錫と雰囲気ガス($N_2 + H_2$ ガス)との各界面での表面張力、ガラス、錫の浮力、自重がバランスするところで、約7mmの平衡厚みのガラスリボン15となる。この平衡厚みのリボンを製板に適した温度(800℃~900℃)に維持して、歪が生じないようにゆっくり引き伸ばし所定の厚

3

み、幅にする。

フロート製板は、次の5ステップに分けられる。

- ① 窯からガラス素地をバスに流入させる
……流入コントロール域 (Spout)
- ② ガラス素地を錫上で均一な厚味にする
……均一化域 (Hot end)
- ③ 製板温度に維持しながら厚味成形する
……成型域 (Forming zone)
- ④ 成型後のガラスリボンを冷却する
……冷却域 (Cooling end)
- ⑤ ガラスリボンを錫バスから引出す
……リフトアウト域 (Lift out)

以上のようなステップで、0.7mm~20.0mmのフロート板ガラスを製板する。

(発明が解決しようとする課題)

第3図のフロートバス12の断面図に示すように、チャンネル20は、窯10からガラス素地11をバスに流入させる水路(チャンネル)で巾は狭く、深さも浅くなっていて、窯10の中央部のガラス素地をバス12に導入する構造となっている。

4

チャンネルでのガラス素地温は、1100℃前後で制御されており、ガラスの粘性はこの付近で急激な変化を示す。従ってチャンネル温度の変化が、ガラス素地のフロートバス流入量に大きい影響を与える。

チャンネル温度を一定にする制御は、チャンネルの上流の窯の出口付近(リファイニング・タンク: RT)に冷却空気を送り込み冷却することにより行っている。

チャンネル温度制御は無駄時間が多く、従来のPID(比例、積分、微分)制御では大きいハンチング等が発生する。このため現在では、人がチャンネル温度を見ながら窯出口付近(RT)に送り込む風量を微妙に制御している。

第4図を参照して、人によるチャンネル温度制御について説明する。

冷却空気は、送風機(FAN)30から、RT風量検出器(右)32、RT風量調節弁(右)34を介し、および風量検出器(左)36、風量調節弁(左)38を介して、リファイニング・タンク40に

送り込まれる。風量調節弁34、38をそれぞれ制御するRT風量調節計(FIC)46、48の設定値を、チャンネル温度検出器44で検出された温度を見ながら、手動で調整している。したがって、チャンネル温度を一定にするためには、人が常時監視しなければならない、かなりの経験を必要とするという問題点がある。

この発明の目的は、ファジィ制御を利用して、チャンネル温度の制御を自動化することにある。

この発明の他の目的は、ファジィ制御を利用したガラス窯チャンネル温度制御方法を提供することにある。

この発明のさらに他の目的は、ファジィ制御を利用したガラス窯チャンネル温度制御装置を提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

この発明は、溶解窯からガラス素地をフロートバスに流入させるチャンネルの温度の制御を、溶解窯の出口付近に冷却空気を送り込み冷却することにより行うガラス窯チャンネル温度制御方法におい

て、

冷却空気の風量の増減値を、所定の入力変数からファジィ推論により求めることを特徴とする。

また、このガラス窯チャンネル温度制御方法は、

前記入力変数が、チャンネル温度現在値の目標値に対する偏差と、チャンネル温度の変化を表すチャンネル温度変化率と、操作量変更後の経過時間とであることを特徴とする。

また、このガラス窯チャンネル温度制御方法は、

前記入力変数には、溶解窯からフロートバスへのガラス引上量の変化を表すガラス引上量変化率をさらに含むことを特徴とする。

さらに、このガラス窯チャンネル温度制御方法は、

ファジィ推論を行うファジィ演算器を複数用意し、これらファジィ演算器におけるルールおよびまたはメンバーシップ関数を異ならせて、プロセスの状態に応じてファジィ演算器の出力を選択することを特徴とする。

この発明は、溶解窯からガラス素地をフロートバスに流入させるチャンネルの温度の制御を、溶解

7

窯の出口付近に冷却空気を送り込み冷却することにより行うガラス窯チャンネル温度制御装置において、

冷却空気の風量の増減値を、所定の入力変数からファジィ推論により求めるファジィ推論手段を有することを特徴とする。

また、このガラス窯チャンネル温度制御装置は、

前記ファジィ推論手段は、前記入力変数が、チャンネル温度現在値の目標値に対する偏差と、チャンネル温度の変化を表すチャンネル温度変化率と、操作量変更後の経過時間とである1つのファジィ演算器を有することを特徴とする。

また、このガラス窯チャンネル温度制御装置は、

前記入力変数には、溶解窯からフロートバスへのガラス引上量の変化を表すガラス引上量変化率をさらに含むことを特徴とする。

さらに、このガラス窯チャンネル温度制御装置は、

前記ファジィ推論は、複数のファジィ演算器から成り、これらファジィ演算器には、異なるルールおよびまたはメンバーシップ関数が予め設定さ

8

れており、プロセスの状態に応じてファジィ演算器の出力を選択することを特徴とする。

〔実施例〕

第1図は、ガラス窯チャンネル温度制御方法を実施する装置の一例を示す図である。第4図の要素と同一の要素には、同一の参照番号を付して示す。RT風量調節計(FIC)46、48は、D/A変換器50に接続され、チャンネル温度検出器44は温度変換器54に接続されている。RT風量検出器32、36はA/D変換器52に接続され、温度変換器54は、A/D変換器52に接続されている。D/A変換器50、A/D変換器52はI/Oバス56に接続され、このI/Oバスには、ファジィ演算器(ファジィボード)58、メインCPU60、メモリ62がそれぞれ接続されている。ファジィ推論はファジィ演算器58が行うので、メインCPU60は、ファジィ推論の演算から解放され、負荷はかからない。ファジィ演算器58は、目標値に対するチャンネル温度現在値の偏差(目標値-現在値)、偏差の微分値に相当するチャンネル温度変化率、操作量変更後経過

9

10

時間の3入力変数からファジィ演算を行い、出力変数である次の操作量の増減値を推論し、CPU60へ送る。なお、本実施例では、チャンネル温度変化率は、30秒前の値との比較で求めるものとする。

CPU60は、推論値から次の操作量増減値を求め、この次の操作量増減値に現在の操作量を加算して次の操作量を決定し、D/A変換器50を介して、RT風量調節計46、48への風量の設定値として出力する。

ファジィ演算におけるメンバーシップ関数およびルールの一例について説明する。これらメンバーシップ関数およびルールは、人間（オペレータ）の経験的ルールによって作られている。

入力変数を、

X1：チャンネル温度偏差値

X2：チャンネル温度変化率

X3：操作量変更後経過時間

前件部ファジィ変数を、SA、M2、M3、M4、LA、

後件部ファジィ変数をNB、NM、NS、ZO、PS、PM、

PBとした場合、

ルールは、

(1) IF X3=SA → ZO

(2) IF X3=LA & 下表（マトリクス表示）

| | | | | | | |
|--|----------|----|------|----|------|----|
| 上傾 り向 少し 傾向 変な 化し 少し 傾向 下傾 り向 | X2 X1 | SA | M2 | M3 | M4 | LA |
| | SA | PB | PM | ZO | PS | ZO |
| | M2 | PM | ZO | ZO | ZO | ZO |
| | M3 | PS | ZO | ZO | ZO | NS |
| | M4 | ZO | ZO | ZO | NM | NB |
| | LA | ZO | NS | NM | NB | NB |
| | | 高い | 少し高い | よい | 少し低い | 低い |

ルール前件部のX1のメンバーシップ関数を第5図(a)に、ルール前件部のX2のメンバーシップ関数を第5図(b)に、ルール前件部のX3のメンバーシップ関数を第5図(c)に、ルール後件部の操作量増減値 ΔMV_z のメンバーシップ関数を第5図(d)に示す。

以上のような構成のガラス窯チャンネル温度制御装置において、ファジィ演算器58には、前述したメンバーシップ関数およびルール(1)、(2)が設定されており、入力変数X1、X2、X3から、RT風量増減値を推論し、CPU60は推論結果を階段状増減値 ΔMV に変換し、この増減値を現在の操作量に加算して次のMV値（操作量）を求め、RT風量調節計46、48に設定する。

以下、動作を詳細に説明する。CPU60には、チャンネル温度設定器（図示せず）により目標チャンネル温度が設定されている。チャンネル温度検出器44により検出されたチャンネル温度（1000～1300℃）は、温度変換器54で直流電圧に変換されA/D変換器52に入力される。A/D変換器52は、これをデジタル値に変換し、I/Oバス56を介してCP

U60に送る。CPUは、チャンネル温度偏差値X1、チャンネル温度変化率X2(30秒前の値と比較)、操作量変更後経過時間X3をファジ演算器58に入力する。

ファジ演算器58では、チャンネル温度偏差値X1、チャンネル温度変化率X2、操作量変更後経過時間X3をファジ変数として、予め設定されているメンバーシップ関数およびルール(1)、(2)により次の操作量の増減値を推論する。ファジ推論は、min-max 合成法により行い、 ΔMV_z を推論結果としてCPU60に出力する。

CPU60では、推論結果である ΔMV_z の値の範囲により、下式により階段状増減値 ΔMV を求める。

$$|\Delta MV_z| < 1/6 \rightarrow \Delta MV = 0$$

$$1/6 \leq |\Delta MV_z| < 2/6 \rightarrow \Delta MV = 1/6 a$$

$$2/6 \leq |\Delta MV_z| < 3/6 \rightarrow \Delta MV = 2/6 a$$

$$3/6 \leq |\Delta MV_z| < 4/6 \rightarrow \Delta MV = 3/6 a$$

$$4/6 \leq |\Delta MV_z| < 5/6 \rightarrow \Delta MV = 4/6 a$$

$$5/6 \leq |\Delta MV_z| \leq 1 \rightarrow \Delta MV = a$$

aは計器の精度などにより定められるRT風量

増減値であり、例えば $a = 60 \text{ Nm}^3/\text{h}$ である。

CPUは、その増減値 ΔMV に現在の操作量を加算し、次の操作量を決定し、D/A変換器50を介してRT風量調節計46、48へ風量の設定値として出力する。

なお、以上の例では ΔMV の演算をCPU60で行っているが、ファジ演算器58で行っても良い。

第6図に、この実施例によるチャンネル温度ファジ制御の結果を示す。定常状態ではほぼ $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内の制御が可能となった。また温度設定変更にも追従は良好である。フローター取替等の外乱にも追従していく。

以上の実施例では、ファジ演算の入力変数として、チャンネル温度偏差値、チャンネル温度変化率、操作量変更後経過時間の3つを選定したが、ガラス引上量変化率を加えれば、さらに高精度のチャンネル温度制御が可能となる。例えば、ガラス薬地引上量が急激に増大するような場合には、制御の応答時間が短くなるので、早めに操作を行う必要があるからである。

15

さらにこの発明によれば、ファジ演算を複数個設け、チャンネル温度の安定状態、チャンネル温度がダイナミックに変動する状態というようにプロセスの状態に応じて、ルールおよびまたはメンバーシップ関数を個々のファジ演算器に設定し、プロセスの変動に応じて、ファジ演算器の出力を選択することにより、さらに精度を高めることが可能となる。例えば、ガラス引上量変化率によりルールおよびまたはメンバーシップ関数を自動チューニングすることが必要である。このためには、上位CPUで、レースピード、ガラス板厚み、ガラス板幅、係数などによりガラス引上量を計算し、その変化率をメインのCPU60に与えることになる。

このように複数個のファジ演算器を設け、ルールおよびまたはメンバーシップ関数をそれぞれ異ならせて、推論結果を選択できるようにすることは、 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以内の安定的な高精度温度制御を必要とするような場合、あるいは、チャンネル温度制御範囲が $\pm 1.2^\circ\text{C}$ を越えたときに、早く $\pm 1.2^\circ\text{C}$

16

内に戻るようにするような場合にも好適である。

第7図に、複数のファジ演算器を有するガラス窯チャンネル温度制御装置の一例を示す。この例では、3つのファジ演算器70、72、74を備えており、CPU60には上位のCPU80に接続されている。これらファジ演算器70、72、74は、プロセス状態に応じた異なるメンバーシップ関数を予めセットしておく。例えば、

ファジ演算器70:

X1のメンバーシップ関数を $\pm 1.2^\circ\text{C}$ の範囲で定義し、X2のメンバーシップ関数を $\pm 0.6^\circ\text{C}$ の範囲で定義し、X3のメンバーシップ関数および後件部メンバーシップ関数は、前記実施例と同じにする。ただし、 ΔMV 値の演算において、 $a = 40 \text{ Nm}^3/\text{h}$ とする。

ファジ演算器72:

メンバーシップ関数は、前記実施例と同じ。また ΔMV 値の演算も前記実施例と同じ。

ファジ演算器74:

メンバーシップ関数は、前記実施例と同じであ

17

18

るが、 ΔMV 値の演算において、 $a = 80 \text{ Nm}^2/\text{h}$ とする。

以上のように各ファジィ演算器のメンバーシップ関数を変えておいて、例えば、チャンネル温度が目標温度に対し $\pm 0.5^\circ\text{C}$ の範囲で5分以上安定している場合には、ファジィ演算器70の推論結果を選択し、チャンネル温度が目標温度に対し $\pm 0.5 \sim \pm 1.2^\circ\text{C}$ の範囲にある場合には、ファジィ演算器72の推論結果を選択し、チャンネル温度が目標温度に対し $\pm 1.2^\circ\text{C}$ 以上の範囲で3分以上続き、 $\pm 1.2^\circ\text{C}$ 以下に収れんしそうにない場合には、ファジィ演算器74の推論結果を選択する。

また、マルチファジィ制御において、入力変数にガラス引上量変化率を含める場合には、各ファジィ演算器では、偏差値、チャンネル温度変化率、操作量変更後経過時間、ガラス引上量変化率を入力変数として操作増減値を並列に推論する。推論出力はプロセスの状態に応じ最適制御を達成するものを選択する。なお、この実施例では、ガラス引上量変化率は、上位のCPU80で、ガラス板幅

\times ガラス板厚み \times 係数 \times レヤースピードによりガラス引上量を計算し、その変化率を求めて、メインのCPU60に与えられる。

このようなマルチファジィ演算器システムであれば、ファジィボードの推論結果を選択するだけでよく、ソフトが容易になる。

〔発明の効果〕

この発明によれば、従来のPID制御では実現できず、したがって人間が手動で制御していたフロート製板工程におけるガラス窯チャンネル温度を、ファジィ制御を利用することにより完全に自動化することが可能となった。

4. 図面の簡単な説明

第1図は、ガラス窯チャンネル温度制御装置の一実施例を示す図、

第2図は、フロートガラス製造工程図、

第3図は、フロートバス断面図、

第4図は、従来技術を説明するための図、

第5図は、第1図の実施例におけるメンバーシップ関数を示す図、

19

20

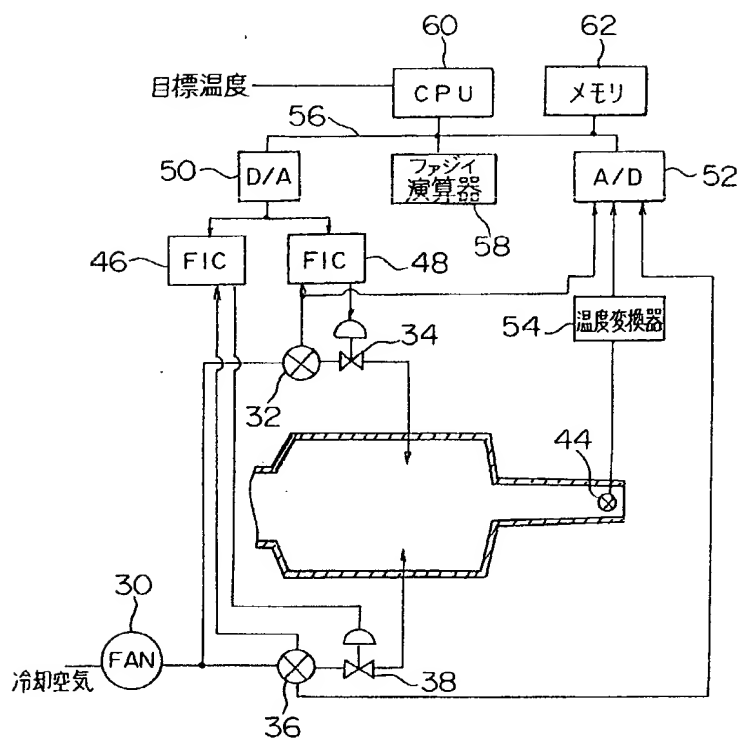
第6図は、第1図の実施例における制御結果を示すグラフ、

第7図は、ガラス窯チャンネル温度制御装置の他の実施例を示す図である。

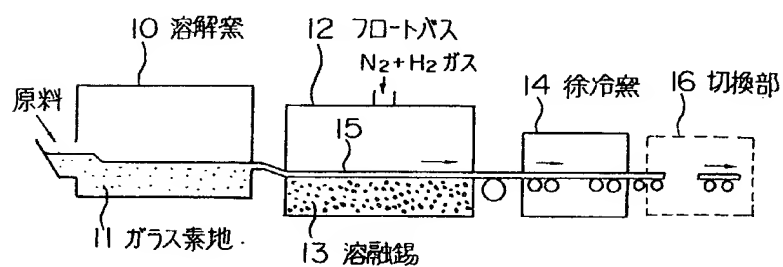
- 30 送風機
- 32, 36 風量検出器
- 34, 38 風量調節弁
- 44 チャンネル温度検出器
- 46, 48 風量調節計
- 50 D/A変換器
- 52 A/D変換器
- 56 I/Oバス
- 58, 70, 72, 74 ファジィ演算器
- 60 CPU
- 62 メモリ
- 80 上位CPU

代理人 弁理士 岩 佐 義 幸

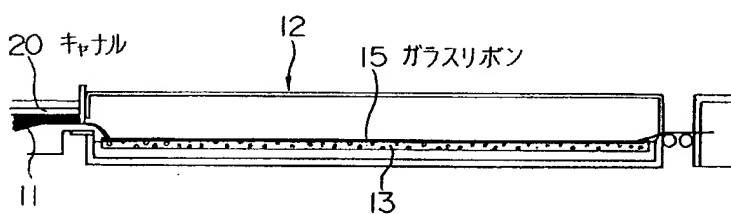
21



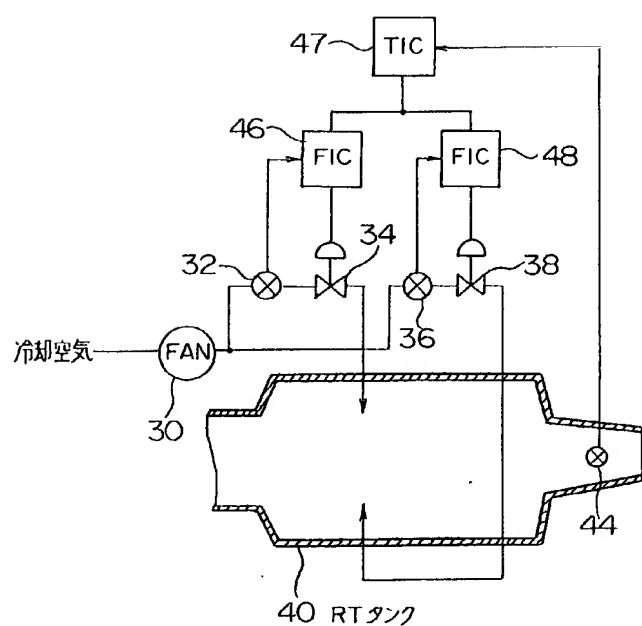
第 1 図



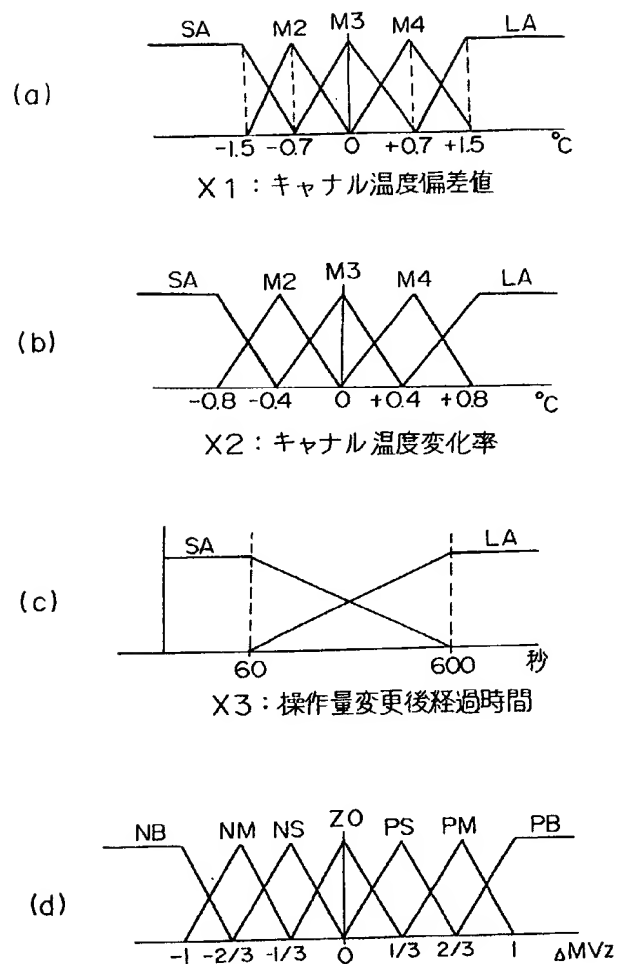
第 2 図



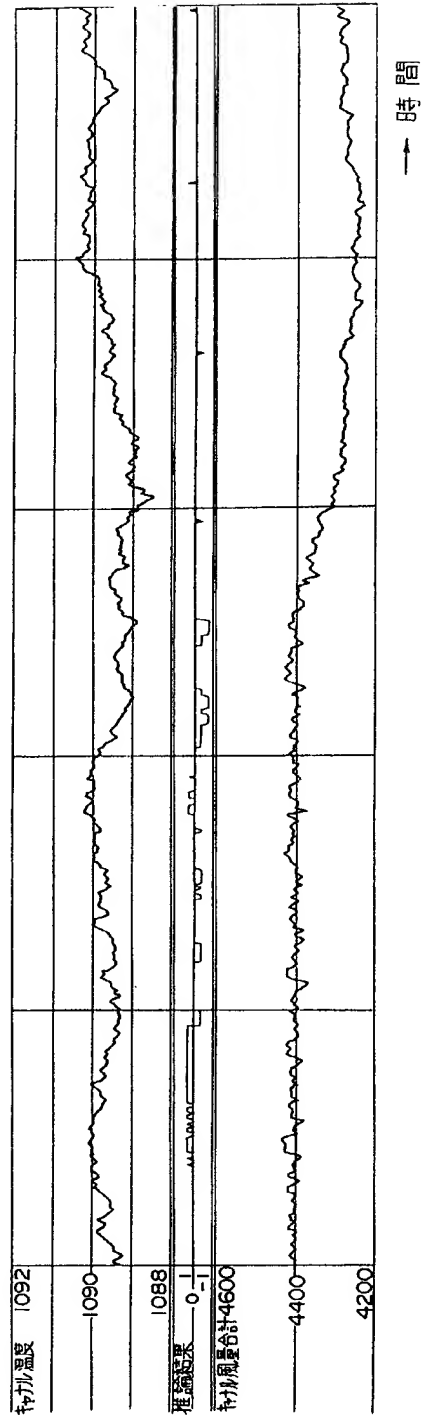
第 3 図



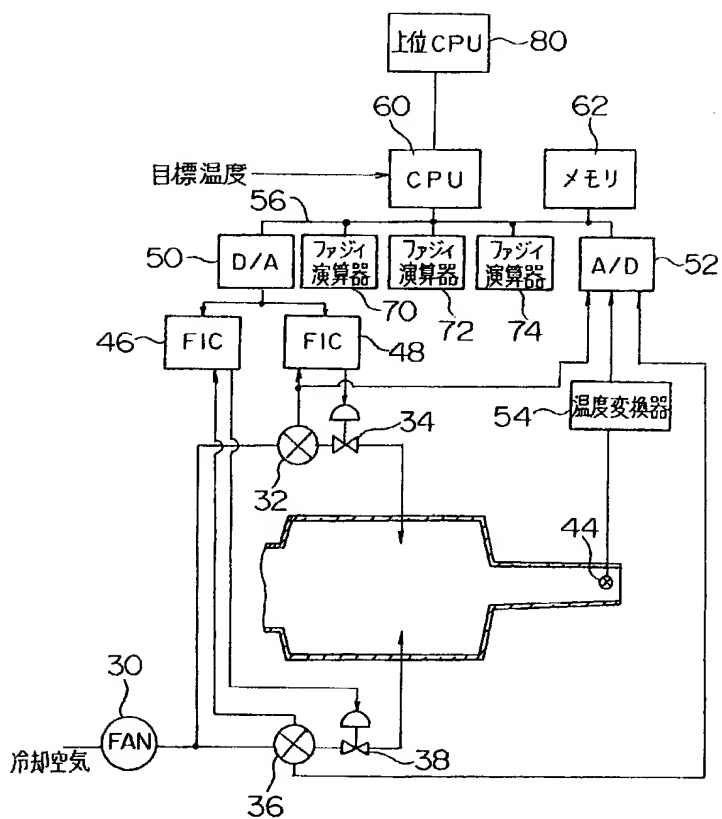
第 4 図



第 5 図



第 6 図



第 7 図